19 April 2015

بسم الله الرحمن الرحيم وبه نستعين

1

1. Rayonnement électromagnétique.

1.1 Introduction.

La nature est représentée par son **unité diélectrique** (matière), **mais aussi** par les **différents champs produit par cette matière**, par exemple:

- La charge électrique, génère un champ électrique en tout point du milieu extérieur.
- La **masse** génère aussi un champ de gravitation,
- [redacted] (transitions) des électrons produisent un champ [redacted]e.

En plus des radiations électromagnétiques qui sont d'origine électrique, il existe un autre type de radiation, les **radiations particulaires**. La matière radioactive, tel que l'uranium, le plutonium, le cobalt …, **émet** des particules tel que les particules **α, β, γ..**

1.2 Origine des R.E.M.

Les rayonnements électromagnétique sont dues à des oscillations extrêmement rapides des **charges électriques.**

Dans une gamme particulière de fréquences, elle est perceptible par l'œil humain. **La lumière est un rayonnement électromagnétique visible.**

Le spectre visible de la lumière est généralement défini par le domaine de longueur d'onde suivant : de la plus petite longueur d'onde visible pour le violet (400 nm), jusqu'a la plus grande longueur d'onde de couleur rouge (750 nm).

Les longueurs d'onde inférieures à 400 nm correspondent aux rayonnement ultraviolet et les longueurs d'onde encore plus basses caractérisent les rayons X.

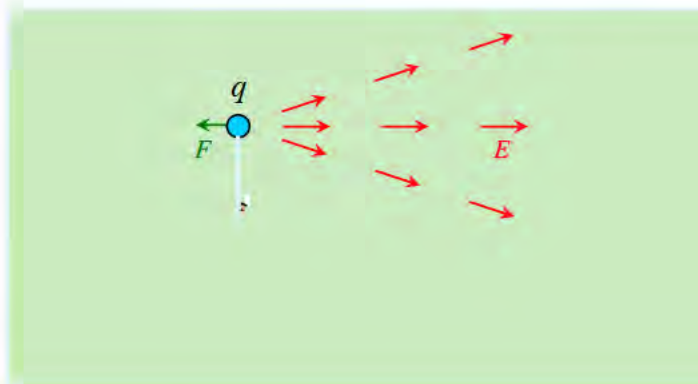
Les longueurs d'onde supérieures à 750 nm correspondent aux radiations infrarouges et celles encore plus élevées caractérisent les radiations hertziennes.

Soit deux charges ponctuelles (q) identiques. Celles-ci sont soumises à l'influence de l'une sur l'autre.

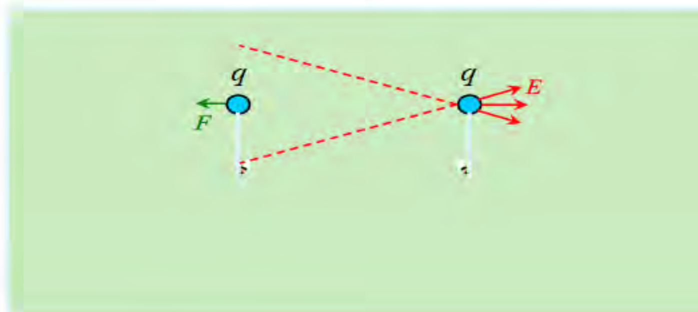
Une force de **coulomb** induite sera appliquée simultanément sur les deux charges.



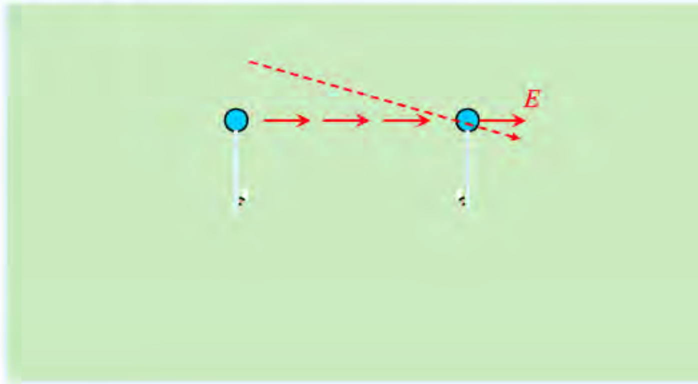
Chaque charge électrique va généré un champ électrique en tout point de l'espace environnant.



Lorsque l'on déplace une charge par rapport à l'autre le champ électrique sera toujours orienté dans la direction radiale. Direction de l'autre charge.



Lorsque l'on déplace une charge par rapport à l'autre le champ électrique sera toujours orienté dans la direction radiale. Direction de l'autre charge.





Toute charge électrique élémentaire, génère un champ électrique en tout point du milieu extérieur, et le mouvement de cette charge produit un champ magnétique.

L'interaction des ces deux champs (électrique et magnétique) donne naissance une onde électromagnétique. Elles sont donc constituées d'un champ magnétique et d'un champ électrique se propageant dans les différents milieux matériel.

1.3. Propriétés des O.E.M.

- L'O.E.M ne peut avoir lieu que si l'on a les deux champs.
- Le champ électrique et le champ magnétique sont toujours orthogonaux.
- La **propagation** de l'onde électromagnétique peut se faire dans tous les milieu, **même dans le vide**. A l'inverse **de l'onde sonore** qui ne peut se **propager que sur un support matériel.**

•Le **champ électrique** et le **champ magnétique** sont **sinusoïdaux**. Ils sont donnés par les relations suivantes:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \times \sin(\omega.t \pm \varphi)$$

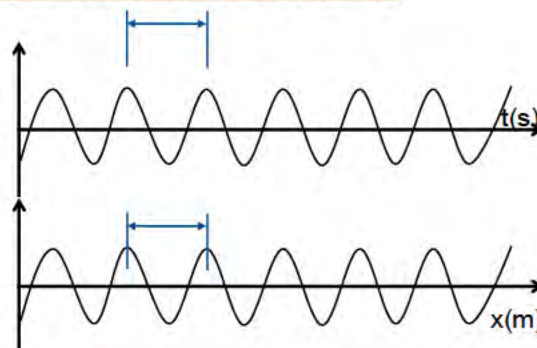
$$\vec{M} = \vec{M}_0 \times \sin(\omega.t \pm \varphi)$$

- **E_0 et M_0** définissent les **élongations initiales**.
- ω est la **pulsation** (vitesse angulaire) du mouvement.
- t est la **variable temps**.
- φ est la **phase initiale**

•Toutes les ondes électromagnétiques ont la **même vitesse** dans le vide.
Elle est noté **C** dite la **CÉLÉRITÉ** de la lumière. **C = 3 10^8 (m/s).**

1.4. Paramètres de l'onde électromagnétique.

L'onde électromagnétique dépend du **temps et de l'espace**. Elle possède des paramètres temps et des paramètres espaces.

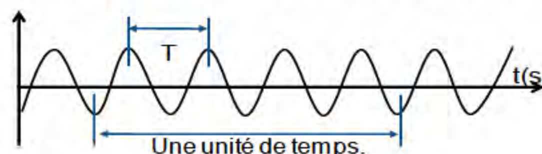


1.4.1 paramètres temps.

La période T (s): : définit le temps nécessaire pour que le phénomène se reproduise.
Remarque: Ne pas confondre entre la durée du phénomène et la période du phénomène.
La fréquence f (Hz): représente le nombre de phénomène par unité de temps.
La pulsation ω (rad/s): C'est la vitesse angulaire du mouvement.

Remarques:
- Une seule équation relie les trois paramètres temps précédents.
- Les paramètres temps ne changent pas en fonction de l'indice du milieu extérieur.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$$

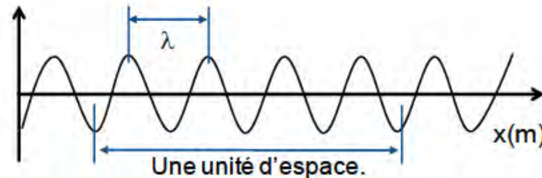


1.4.2 paramètres espace.

La longueur d'onde λ (m): **définie** l'espace nécessaire pour que le phénomène se reproduise.
Le nombre d'onde σ (m^{-1}): est le nombre de phénomène par unité d'espace.
Le module du vecteur d'onde K (rad/m): est équivalent à la vitesse angulaire du mouvement, par unité d'espace.

Remarques:
- Une seule équation relie les trois paramètres espaces précédents.
- Les paramètres espaces varient en fonction de l'indice du milieu extérieur.

$$\lambda = \frac{1}{\sigma} = \frac{2\pi}{k}$$



La relation qui existe entre le temps est l'espace est?

1.5. Vitesse de propagation.

Elle définie la vitesse de déplacement de l'onde électromagnétique dans le milieu environnant.

$$V = \frac{\lambda}{T}\left(\frac{m}{s}\right)$$

Dans le vide elle est toujours constante notée C:

$$C = \frac{\lambda_0}{T}\left(\frac{m}{s}\right)$$

1.6. Indice de réfraction.

L'indice de réfraction est défini par le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide sur la vitesse de la lumière dans le milieu considéré.

$$n = \frac{C}{V}$$

1.6.1 Longueur d'onde un milieu transparent.

$$C = \frac{\lambda_0}{T}\left(\frac{m}{s}\right) \text{ et } V = \frac{\lambda}{T}\left(\frac{m}{s}\right) \Rightarrow n = \frac{\frac{\lambda_0}{T}}{\frac{\lambda}{T}} \Rightarrow n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

La longueur d'onde est maximale dans le vide.

1.6.2 Le nombre d'onde dans un milieu d'indice n.

$$\left.\begin{aligned} & n = \frac{\lambda_0}{\lambda} \\ & \text{on a } \lambda_0 = \frac{1}{\sigma_0} \text{ et } \lambda = \frac{1}{\sigma} \end{aligned}\right\} \Rightarrow n = \frac{\frac{1}{\sigma_0}}{\frac{1}{\sigma}} \Rightarrow n = \frac{\sigma}{\sigma_0}$$

Le nombre d'onde augmente en fonction de l'indice de réfraction n.

1.6.3 Le module du vecteur d'onde dans un milieu d'indice n.

$$\left.\begin{aligned} & n = \frac{\lambda_0}{\lambda} \\ & \text{on a } \lambda_0 = \frac{2\pi}{k_0} \text{ et } \lambda = \frac{2\pi}{k} \end{aligned}\right\} \Rightarrow n = \frac{\frac{2\pi}{k_0}}{\frac{2\pi}{k}} \Rightarrow n = \frac{k}{k_0}$$

Le module du vecteur d'onde augmente aussi en fonction de l'indice n.

1.7. Insuffisance de la théorie ondulatoire.

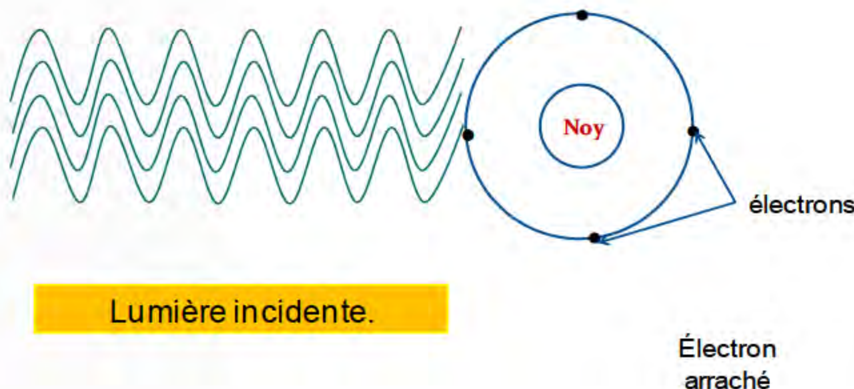
1.7.1 introduction

A la fin du **XIXe siècle** un certain nombre de phénomènes lumineux pouvait être expliqués par les théories physiques classiques, **mais** d'autre phénomènes expérimentaux étaient inexplicables dans le cadre de la théorie classique.

La réflexion, la réfraction la diffraction, etc.. Sont des phénomènes qui peuvent être expliqués facilement en utilisant la théorie **ondulatoire de la lumière.**

Mais d'autres phénomènes tel que l'effet photo électrique la production de paires ou l'effet Compton, étaient des phénomènes **expérimentaux** qui restaient inexpliqués jusqu'a l'arrivé de la théorie quantique.

Exemple: Effet photo électrique.



Électron arraché

1.7.2 Aspect corpusculaire du rayonnement électromagnétique.

1.7.2.1 théorie des quanta (Planck).

La **théorie des quanta** est le nom donné à une théorie physique qui tente de modéliser le comportement de l'énergie à très petite échelle à l'aide des **QUANTA** (Quantum), quantités discontinues.

Son introduction a bousculé plusieurs idées reçues en physique de l'époque, au début du **XXe** siècle.

Elle a servi de **pont** entre la **physique classique** et la **physique quantique**.

Elle a été initiée par **Max Planck** en 1900, puis développée essentiellement par **Albert Einstein**, **Niels Bohr**, ...et **Louis de Broglie** entre 1905 et 1924.

$$E_n = h \times f$$

h : est la constante de Planck = 6,62 10^{-34} (j,s)

f : est la fréquence de la radiation électromagnétique.

On a: $C = \frac{\lambda_0}{T}\left(\frac{m}{s}\right)$

Et : $T = \frac{1}{f}$

$$C = \lambda_0 \times f \Rightarrow f = \frac{C}{\lambda_0}$$

$$\Rightarrow E_n = h \times f = h \times \frac{C}{\lambda_0}$$

1.7.2.2 Le photon (Einstein).

Pour expliquer l'apparition des électrons, **(l'effet photo électrique), Einstein** associe à l'onde électromagnétique un **corpuscule** appelé photon en lui attribuant le quantum d'énergie défini par **Planck**.

Il explique ainsi l'interaction rayonnement matière par un choc [redacted]oton de la radiation incidente et les électrons de la matière cible.



1.7.2.3 Caractéristiques du photon (Einstein).

Le **photon** est assimilé à un **grain d'énergie**, sans support matériel (de **masse nulle**). Il accompagne l'onde électromagnétique (**à la vitesse C**). Il est caractérisé par :

- **Une énergie** ; $E_n = h \times f = h \times \frac{C}{\lambda_0}$
- Une masse exclusivement dynamique; $m = \frac{E_n}{C^2} = \frac{h \times f}{C^2} = \frac{h}{\lambda_0 \times C}$
- Une quantité de mouvement; $p = \frac{E_n}{C} = \frac{h \times f}{C} = \frac{h}{\lambda_0}$

1.8. Principe de dualité onde-corpuscule.

La notion **d'onde et de particule** qui sont **séparées** en **mécanique classique** **deviennent** deux facettes d'un même phénomène, décrit de manière mathématique par sa fonction d'onde.

En particulier, **l'expérience** prouve que la lumière peut se comporter **comme des corpuscules** (photons) à **l'échelle microscopique**. Ces corpuscules sont mis en évidence par l'effet photoélectrique.

Et à **l'échelle macroscopique** elle se comporte comme une [redacted]**gnétique** (rayonnement produisant des interférences).

Les **électrons et autres particules** peuvent également se comporter de **manière ondulatoire, théorie de De Broglie**.

Les **deux aspects** du rayonnement électromagnétique sont **complémentaires** et **indissociables**, mais ne présentent pas toujours le même intérêt.

- La **propagation** des ondes radioélectriques s'explique [redacted] théorie ondulatoire de MAXWELL.
- Pour les rayons **X et γ**, c'est l'aspect corpusculaire qui **prédomine.**
- Dans le domaine des radiations visibles, du coté des radiations **UV** et des radiation infrarouge, on peut considérer l'un ou l'autre aspect selon le phénomène a étudier.

1.8. Classification des ondes électromagnétiques.

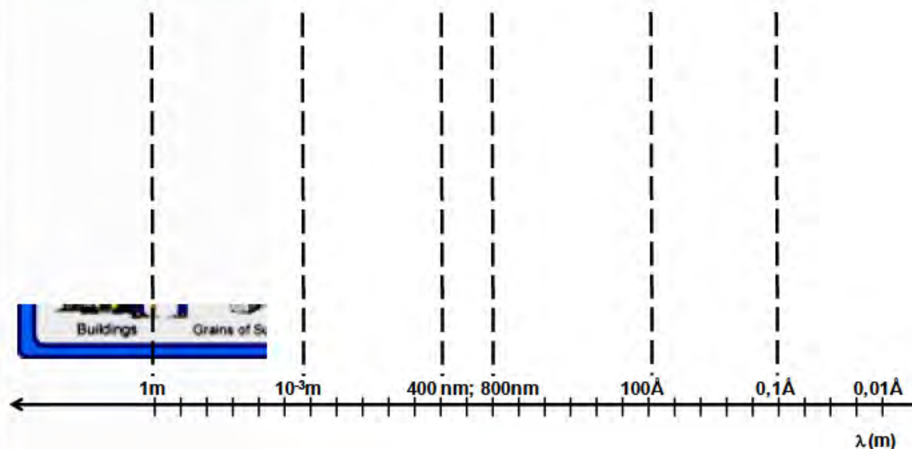
La classification des ondes électromagnétiques peut se faire de plusieurs façons différentes, en fonction du but de l'étude.

On distingue :

1.8.1 Une classification selon l'effet: selon l'effet de la radiation sur la matière vivante on distingue deux cas :

- **Les radiations ionisantes**. La radiation est dite ionisante si l'énergie du photon associé est supérieure à 13,6 (eV).
- **La radiation non ionisante**, si son énergie est inferieure à 13,6 (eV).

1.8.2 Une classification selon le spectre des radiations électromagnétiques.



2. Rayonnement particulaire.

2.1. Mise en défaut de la théorie classique.

2.1.1 exemple:

Un électron de masse (m) et accéléré par un champ électrique uniforme. La conservation de l'énergie totale dans le cas de la mécanique classique donnerait:



La variation de l'énergie cinétique est égale aux travail des forces externes, dans le cas ou l'on néglige les frottement.

$$\Delta Ec = -\sum W_{ext}$$

La variation de l'énergie cinétique sera donnée par:

$$\Delta Ec = Ec_{finale} - Ec_{initiale}$$

Si l'on suppose que l'électron est libéré sans vitesse initiale, son énergie cinétique initiale sera nulle, si (m) est la masse de l'électron et v sa vitesse d'arrivée. La variation de l'énergie cinétique sera donnée par:

$$\Delta Ec = Ec_{finale} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

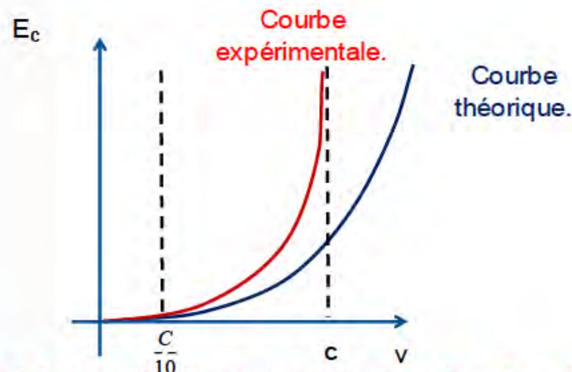
La seule force externe est la force électrique, puisque on néglige le travail de la force de gravitation. Ce qui va nous donner:

$$\sum W_{ext} = Q_{electron} \times (V_{final} - V_{initial}) = -e \times U$$

V_{final} et $V_{initial}$; sont les potentiels électriques de départ et d'arrivée de l'électron.

$$\Delta Ec = -\sum W_{ext} \Longrightarrow \frac{1}{2} m_{elec} \times (v)^2 = e \times U$$

Les courbes suivantes donnent l'évolution de l'énergie cinétique en fonction de la vitesse de l'électron en mouvement.



Dans la courbe théorique, la vitesse peut dépasser la valeur de C, ce qui est impossible.

Alors que dans la courbe expérimentale la vitesse maximale ne peut être atteinte.

Mais pour les faible vitesses, ($v < c/10$), les résultats sont en accord.

Un corpuscule (sans masse, photon) qui se déplace à la vitesse de la lumière, est dit relativiste c.à.d. qu'il n'obéit pas à théorie classique (newton).

Même chose si une particule de masse non nulle, qui se déplace avec une vitesse non négligeable par rapport à la vitesse de la lumière, est dit aussi relativiste.

Si sa vitesse est nulle ou négligeable par rapport à la vitesse de la lumière, elle est dite particule **non relativiste ou classique**.

La valeur **critique** à partir de laquelle le terme relativiste est utilisable dépend de l'énergie de la particule en mouvement.

De nombreux problèmes se traitent différemment dans les cas non relativiste ou relativiste, puisque la théorie à utiliser est différente.

Par exemple la **masse** d'une particule non relativiste est constante alors que dans le cas d'une particule **relativiste** elle est variable.

2.2 Grandeurs caractéristiques d'une particule de haute énergie.

Lorsque la particule en mouvement est de grande énergie, sa masse, son énergie ainsi que sa quantité de mouvement dépendent de la vitesse.

2.2.1 Masse.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

m_0: la masse de la particule au repos.

$$\beta = \frac{v}{c}$$

2.2.2 Énergie.

- Énergie totale. $$E_t = E_0 + E_c = m \times c^2$$
- Énergie au repos. $$E_0 = m_0 \times c^2$$
- Énergie cinétique. $$E_c = E_t - E_0 = m \times c^2 - m_0 c^2 = \Delta m \times c^2$$

$$E_c = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) m_0 c^2$$

2.2.3 Quantité de mouvement.

La quantité de mouvement d'une particule est définie par:

$$p = m \times v = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \times v$$

2.3 Domaine de validité de la mécanique newtonienne.

Si la constante $\beta \leq 0{,}1$ on dit que la particule est classique, c.à.d. quelle obéit a la théorie classique de newton, sa masse est supposée constante.

Mais si la constante $\beta > 0{,}1$ on dit que la particule est relativiste, c.à.d. quelle n'obéit pas a la théorie classique de newton, sa masse dépend de vitesse.

On peut montrer aussi que si $E_c/E_0 \leq 1/200$ on dit que la particule est classique.

Et que si $E_c/E_0 > 1/200$ on dit que la particule est relativiste.